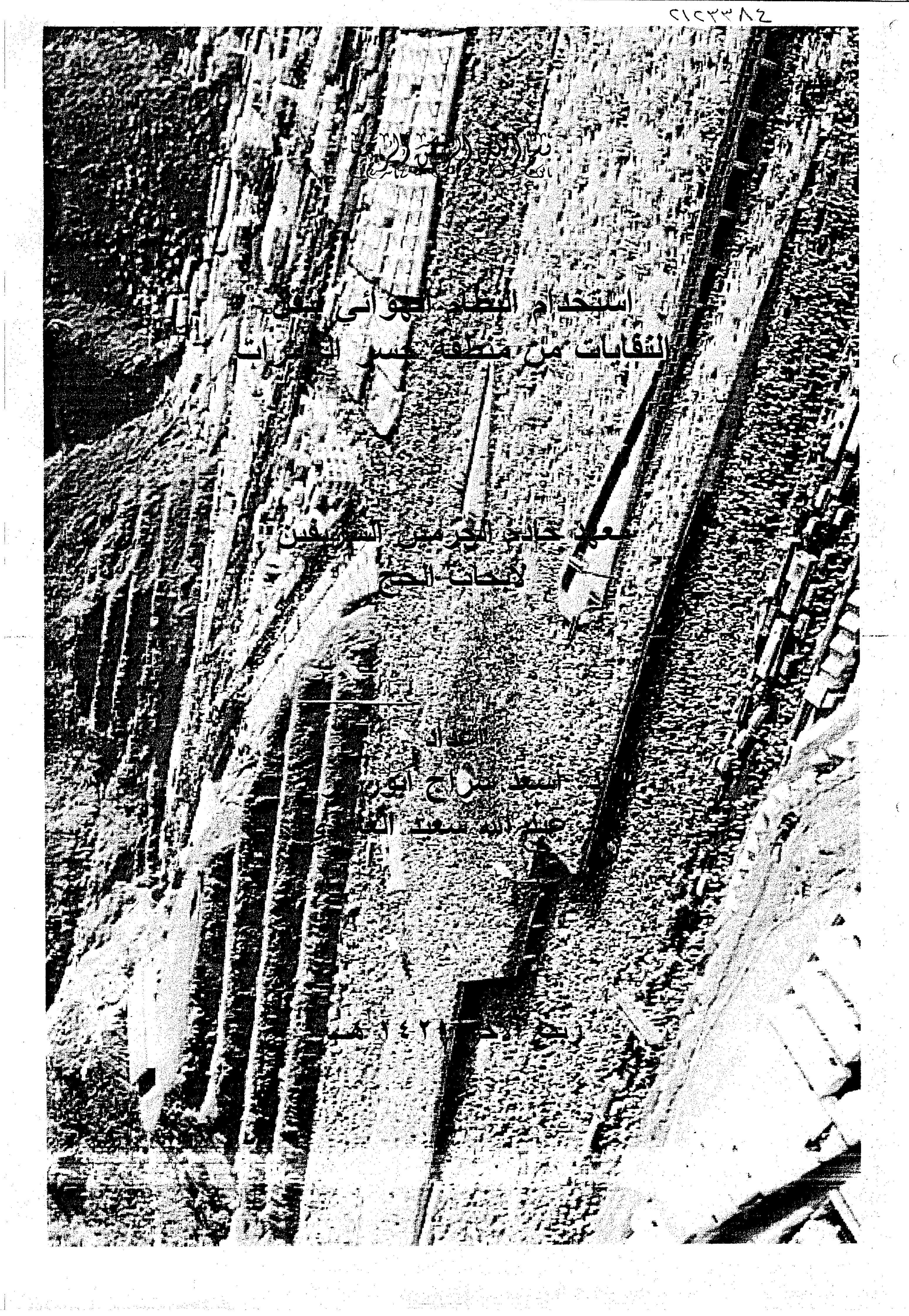


بسم الله الرحمن الرحيم

# استخدام النطاق الهوائي لنقل النفايات من منطقة جسر الجمرات

معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج

إعداد

د. أسعد سراج أبو رزيزة

عبد الله سعد الغامدي

ربيع الآخر ١٤٢١ هـ

## المقدمة:

يعتبر جسر الجمرات المكان الأكثر ازدحاما في منطقة المشاعر المقدسة ويبلغ الازدحام ذروته خلال فترة الرجم (من وقت الزوال وحتى غروب الشمس) في أيام التشريق. وتتولد من عملية تواجد الحجاج فوق وتحت الجسر كميات كبيرة من المخلفات الصلبة والتي تشمل بنسبة كبيرة حصى الرجم والقنينات البلاستيكية الفارغة المستخدمة لحفظ مياه الشرب وعناصر أخرى مثل أكياس البلاستيك والأحذية وغيرها بنسب أقل. وتسعى أمانة العاصمة المقدسة جاهدة في إظهار المكان بمظهر لائق عن طريق تكثيف عدد العمالة والمعدات في المنطقة لجمع النفايات وتبلي بلاءً حسناً. ولكن يبقى العائق الأكبر في صعوبة أو عدم قدرة عربات تجميع ونقل المخلفات البلدية من الدخول إلى مناطق الازدحام. ويسهم هذا في تراكم المخلفات وبقائها لفترة أطول على أرضية الجسر و جوانبه.

ولنقل المخلفات المتجمعة بالمنطقة بشكل أسرع يمكن استخدام النظام الهوائي (Pneumatic System) لنقل المخلفات إلى خارج منطقة الازدحام ثم تفريغها في حاويات يمكن سحبها في أوقات الهدوء أو تخزين المخلفات في مخازن جوفية أو سطحية إلى ما بعد الموسم حيث يتم سحبها وتفريغها في أماكن التخلص النهائي.

والنظام الهوائي هنا يعمل بالتفريغ (الشفط) كآلات الكنس الكهربية المنزلية ولكنه نظام ثابت تتحرك إليه المخلفات بدلاً من حركته نحو المخلفات كآلات الكنس الكهربائية. ويتكون من مساقط للنفايات و صمامات للتحكم في دخول المخلفات والهواء وأنابيب للنقل ومرشحات لتنقية الهواء المنطلق إلى الخارج ومراوح لدفع أو سحب الهواء في الأنابيب. وهذا النظام مستخدم حالياً في عدة أماكن في العالم ويعمل بصورة منتظمة وكفاءة عالية. والنظام الهوائي المستخدم لنقل المخلفات الصلبة بمدينة ديزني بأورلاندو في ولاية فلوريدا الأمريكية يعمل منذ أكثر من خمس وعشرين سنة ولا يزال وفي ألمانيا تجمع مخلفات الأستاد الرياضي بميونخ

بنفس الطريقة. كما أن النظام الهوائي يعمل في مركز المعارض في لشبونة بالبرتغال. وهناك أمثلة أخرى على نقل المواد الصلبة في أنابيب باستخدام الدفع أو التفريغ فكثير من المناجم في العالم تستخدم هذا النظام لنقل أحجار المناجم إلى خارج المنجم.

ومخلفات عالم ديزني والمواد المنقولة في المناجم تختلف كثيراً عن المخلفات الموجودة على جسر الجمرات لذلك لابد من دراسة إمكانية إستخدام هذا النظام في منطقة الجمرات واختبار كفاءته في نقل المخلفات المعنية. ولعل أفضل الطرق هو بنا أنموذجاً يحاكي ظروف المنطقة ويعمل على مخلفات الجسر الحقيقية.

**النظام الحالي:**

النظام الحالي هو النظام التقليدي المتكون من عربة وسائق وعمالة لإلتقاط المخلفات ونقلها إلى العربة. ثم تمتلئ العربة وتغادر إلى أماكن التخلص النهائي (مرمى النفايات العام بالمعيصم حالياً). كما أنشأت أمانة العاصمة المقدسة مخازن جوفية تحت مستوى سطح الأرض وأخرى سطحية جميعها مزود بضواغط لتخزين النفايات إلى ما بعد الموسم يتم بعد ذلك سحبها وتفريغها في المرمى العام بالمعيصم. وتنتشر هذه المخازن على كامل منطقة منى وتتركز حول منطقة الجمرات. وهذا النظام يعمل بشكل ملحوظ على تخفيف حدة تراكم المخلفات على جنبات الطريق بصورة فاعلة. وأضافت أمانة العاصمة المقدسة مؤخراً عربات لجمع ونقل المخلفات مزودة بآليات تفريغ (Vacuum machine) لتسهيل عملية جمع المخلفات مما ساعد قليلاً في تسريع عملية النظافة ولكن يظل دخول هذه العربات إلى أماكن الإزدحام أمراً بالغ الصعوبة إضافة إلى ما تعانيه هذه العربات من أعطال. أما منطقة جسر الجمرات فلا تزال المشكلة قائمة رغم المحاولات التي تبذلها أمانة العاصمة المقدسة.

**النظام البديل المقترح:**

نظراً لظروف المنطقة وخصوصيتها فإنه ليس هناك سعة في الخيارات أو البدائل المتاحة. واللجوء إلى الخيار الإداري بالإضافة إلى تبني نظاماً فنياً قد يكون البديل الوحيد المتاح في هذه البيئة.

إن النظام الهوائي لنقل المخلفات الصلبة نظام مؤسس ومعمول به في العديد من البلدان المتقدمة حيث يقدم حلا نموذجيا لمشكلة نقل المخلفات الصلبة خاصة في الأماكن المزدحمة. وبمقارنة ظروف المنطقة من حيث الازدحام ومناطق تتبنى نظام النقل الهوائي يمكن التنبؤ بفعالية تطبيق هذا النظام بنجاح للتغلب على مشكلة نقل المخلفات الصلبة المتولدة في منطقة الجمرات أيام التشريق إلى خارج منطقة الازدحام ثم نقله أو تخزينه إلى حين موعد نقله.

ويمكن الإستفادة من جسر الجمرات في تعليق أنابيب نقل المخلفات على جدرانه دون الحاجة إلى أعمال إنشائية مكثفة ودفن ما تبقى من أجزاء النظام تحت الأرض وحتى غرف التجميع. ووجود هذه الأنابيب لا يخل بالشكل الجمالي للجسر أو المنطقة بالعموم. وبدراسة المنطقة يمكن تحديد الموقع المناسب لغرف التجميع والتحكم.

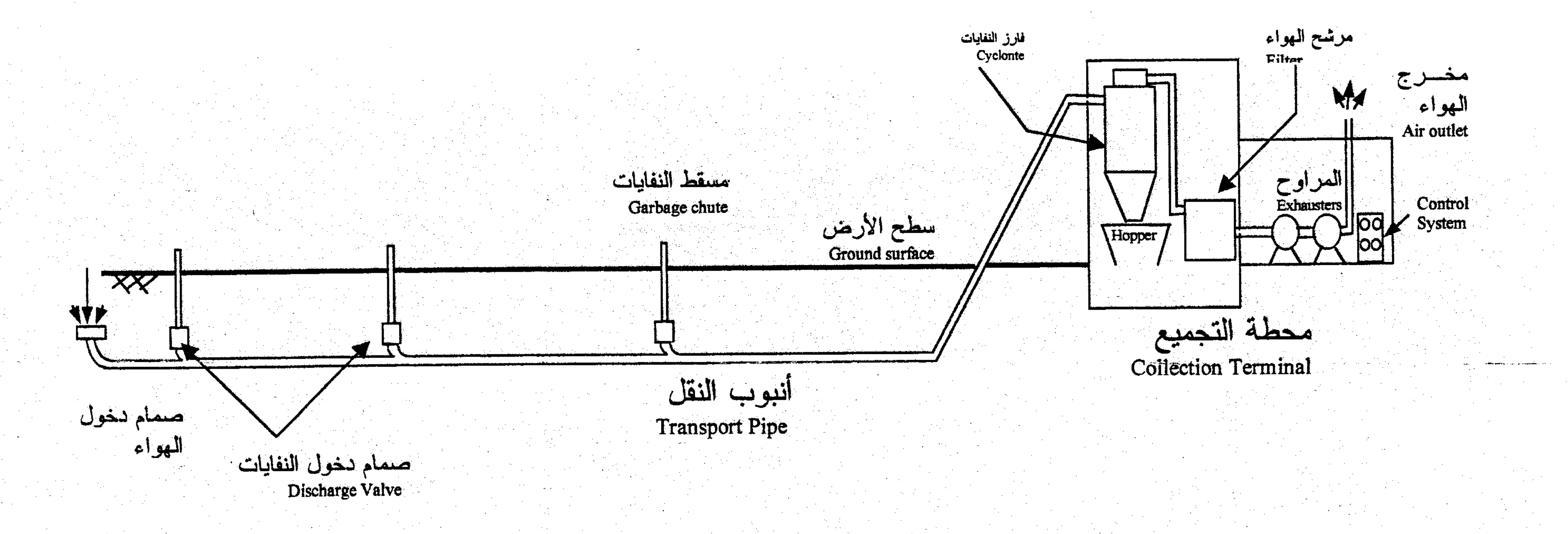
# النظام الهوائي لنقل المخلفات الصلبة

**(مكوناته، طريقة عمله، معايير تصميمه)**

يتمثل النظام الهوائي في أبسط صوره في آلة الكنس الكهربائية فهو عبارة عن أنبوب متصل بمراوح تفريغ أو شفط يعمل على سحب المخلفات ويتم التحكم في عملية التشغيل من خلال فتح وإغلاق صمامات لدخول الهواء وأخرى لتفريغ المخلفات بنظام ذاتي يمكن برمجته بما يتناسب وحجم المخلفات من كل نقطة تجميع. كذلك وكما هو الحال مع آلة الكنس الكهربائية فإن نهاية الأنبوب متصلة بنظام ترشيح للهواء لمنع تسرب الملوثات إلى البيئة الهوائية الخارجية.

**أولا : مكونات النظام الهوائي:**

يتكون النظام الهوائي من صمامات دخول الهواء ، مساقط النفايات ، صمامات دخول النفايات ، خطوط أنابيب لنقل المخلفات ، محطة التجميع وفصل الهواء ، والشكل رقم (١) عبارة عن رسم توضيحي لهذه المكونات.




شكل (١): رسم توضيحي لمكونات النظام الهوائي.

### ١. صمام دخول الهواء Air Inlet Valve:

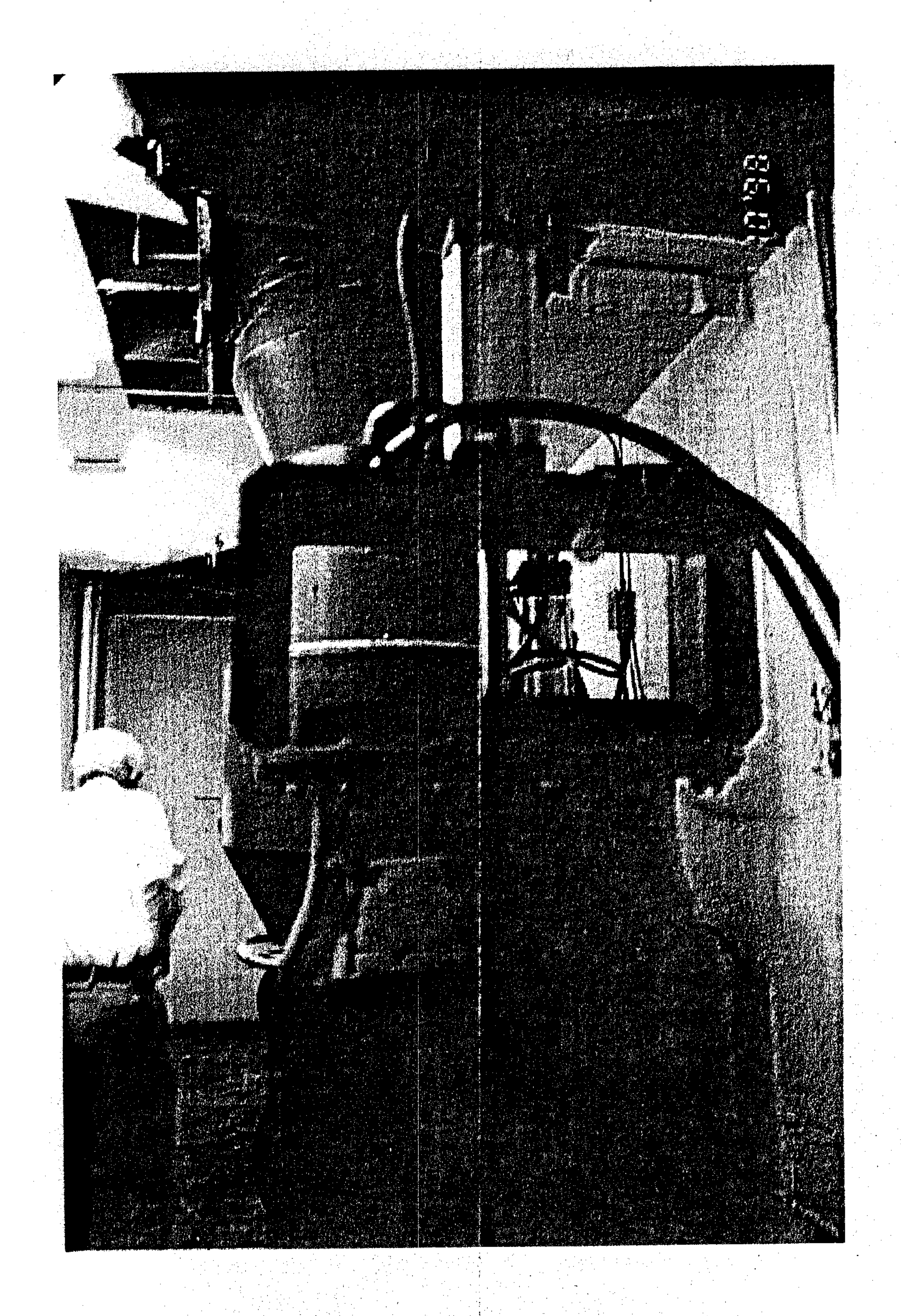
وهــو صــمام يوضع في بداية كل تفرع من الأنابيب الرئيسة الناقلة للمخلفات ويفــتح هــذا الصمام للسماح بدخول الهواء إلى ذلك الفرع بعد تشغيل مراوح الشــفط لتــبدأ بذلك حركة الهواء في الأنبوب ونقل النفايات المتجمعة بمساقط الــنفايات بذلك التفرع (الصورة رقم (١)). وبعد شفط جميع النفايات من ذلك الأنــبوب الفــرعي يقفل هذا الصمام بإحكام للسماح بتكرار الدورة لتفرع آخر. ويتم قفل وفتح هذه الصمامات عن طريق الهواء المضغوط الذي يتم إنتاجه في محطة التجميع وينقل في أنابيب صغيرة القطر تمتد بمحاذاة أنابيب نقل النفايات.

### ٢. مساقط النفايات Garbage Chute:

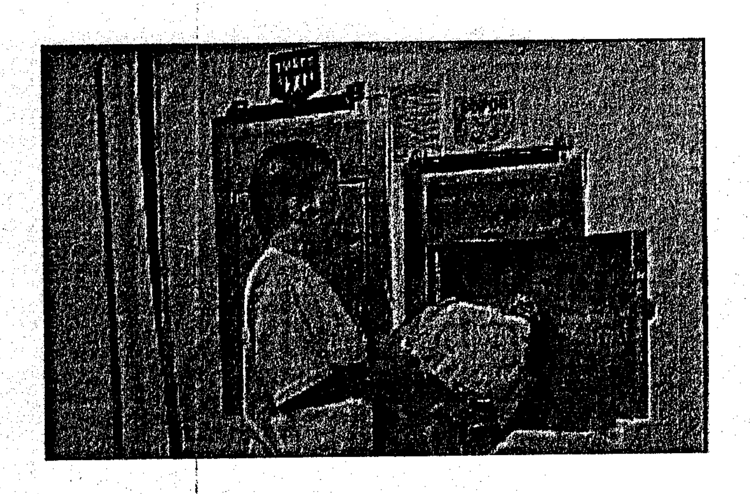
مســاقط النفايات عبارة عن أنبوبة رأسية تتصل بفتحة لإدخال النفايات وتنتهي إلى صــمام دخــول النفايات المتصلة بالأنبوب الفرعي. ويمكن تصميم أشكال مختلفة لفتحات دخول النفايات ليتناسب والشكل العام (أنظر الصورة رقم (٢)).

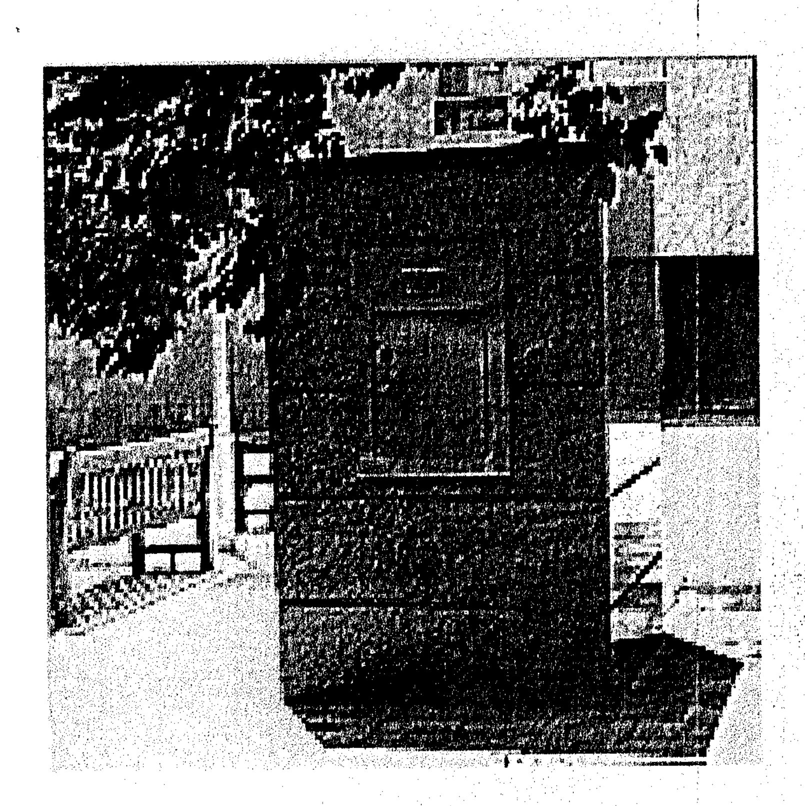
### ٣. صمامات دخول النفايات Garbage Valve:

تــربط هــذه الصــمامات بيــن مساقط النفايات وأنابيب النقل كما هو موضح بالصــورة رقم (٣)، ويفتح الصمام فقط عند الحاجة لتفريغ المسقط من النفايات المــتجمعة فيه. ويتم تشغيل صمام النفايات عن طريق الهواء المضغوط وفق جدول زمني معين حتى لا يفتح أكثر من صمام في آن واحد.

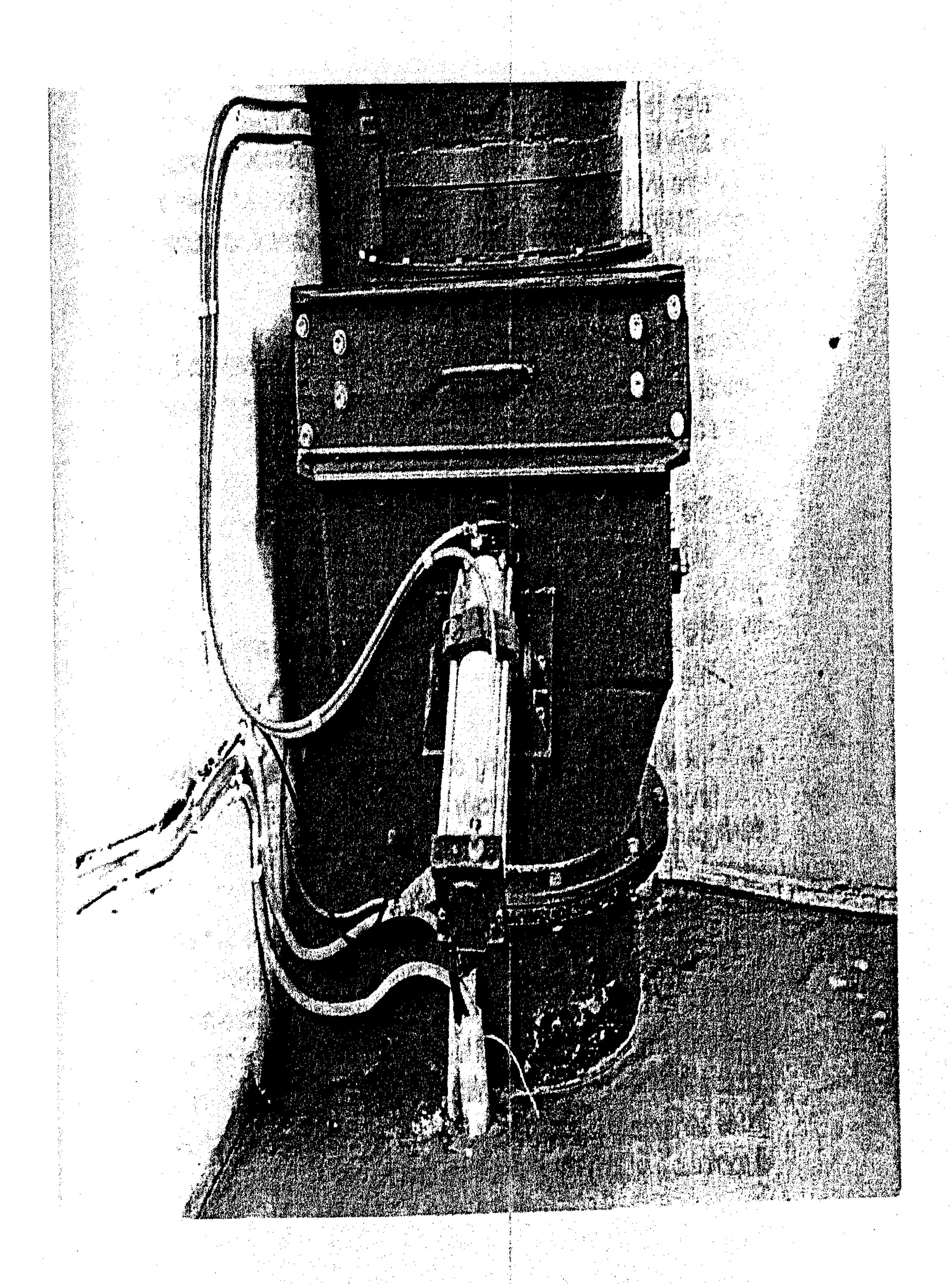


صورة رقم (١): صمام دخول الهواء ويقع في أول كل خط فرعي.





صورة رقم (٢): مساقط النفايات.



**صورة رقم (٣): صمامات دخول النفايات.**

**أنابيب نقل المخلفات Refuse Transport Pipe:**

تصنع أنابيب نقل النفايات من الفولاذ أو الحديد المقاوم للصدأ وتتراوح أقطارها عـادة مـا بيـن ٣٠٠ مم و٥٠٠ مم. ويمكن تثبيت هذه الأنابيب على سطح الأرض أو دفنها أو تعليقها على الجدران أو الأسقف لتتناسب وظروف وطبيعة المنطقة. (أنظر الصورة رقم (٤)).

**٤. غرفة التجميع Collection Terminal:**

تعتـبر غـرفة التجميع بمثابة القلب النابض للنظام الهوائي حيث تحتوي علـى العديـد مـن الآليات والأجهزة اللازمة لتشغيل ومراقبة النظام. غرفة الـتجميع عـادة عبارة عن مبنى صغير الحجم يحوي المعدات التالية (كما هو مبين بالشكل رقم (٢)):

***أ- مراوح شفط الهواء Air Exhausters: (الصورة رقم (٥))***

***ب- المحركات الكهربائية Electrical Motors***

***ت- معدات فصل النفايات وتنقية الهواء Garbage Separation and Air Quality Control Equipment (الشكل رقم (٣) والصورة رقم (٦))***

***ث- نظام التحكم الذاتي.***

***ج- مكبس النفايات Refuse Compactor .***

ح- ***الحاويات Containers (أنظر الصورة رقم (٧)).***

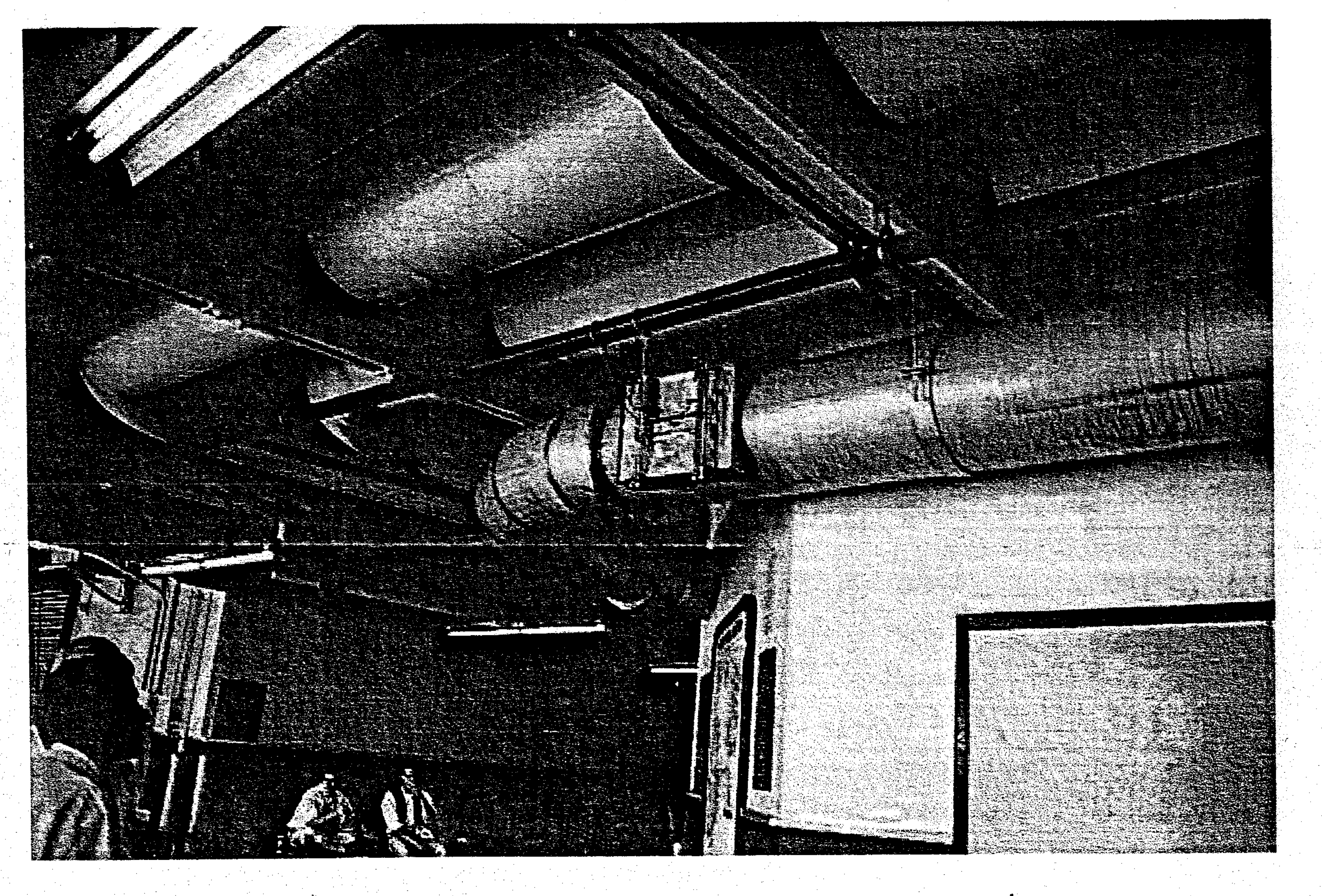
خ- ***نظام مناولة الحاويات Containers Handling System (أنظر الصورة رقم (٨)).***

د- ***ضاغط الهواء Air Compressor***

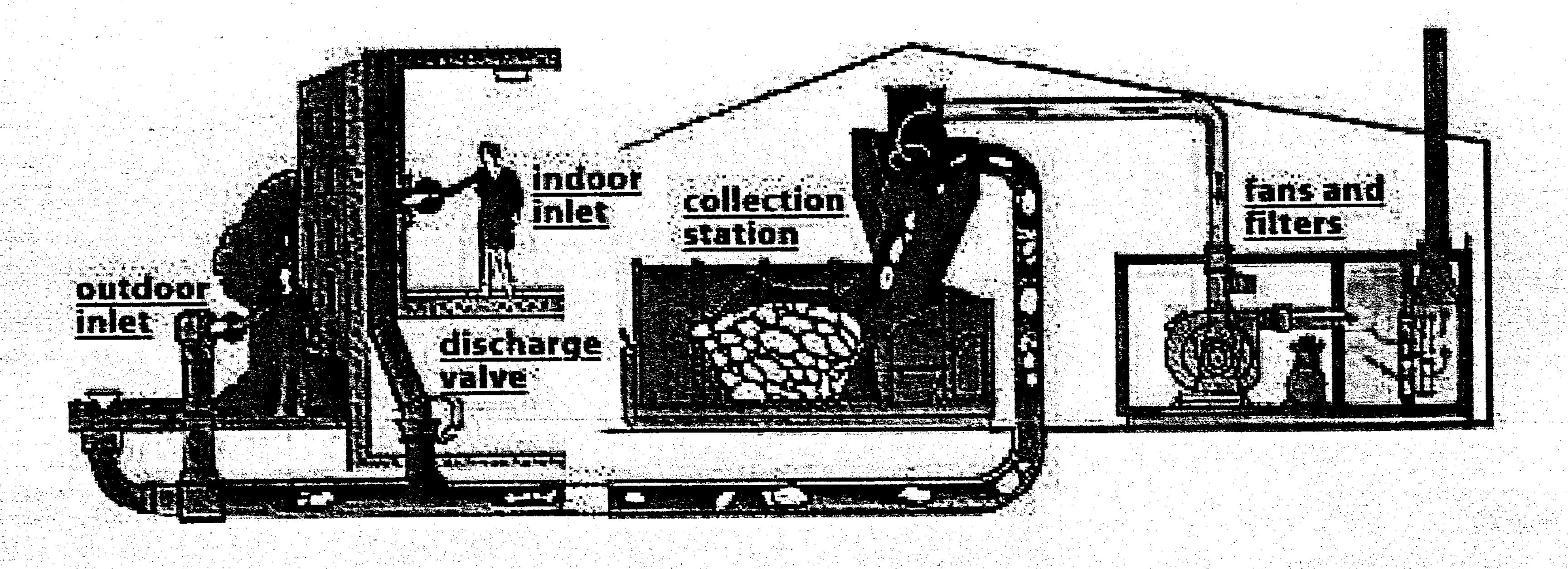
ذ- ***كاتم الصوت Silencer***

ر- ***ملطف الهواء***

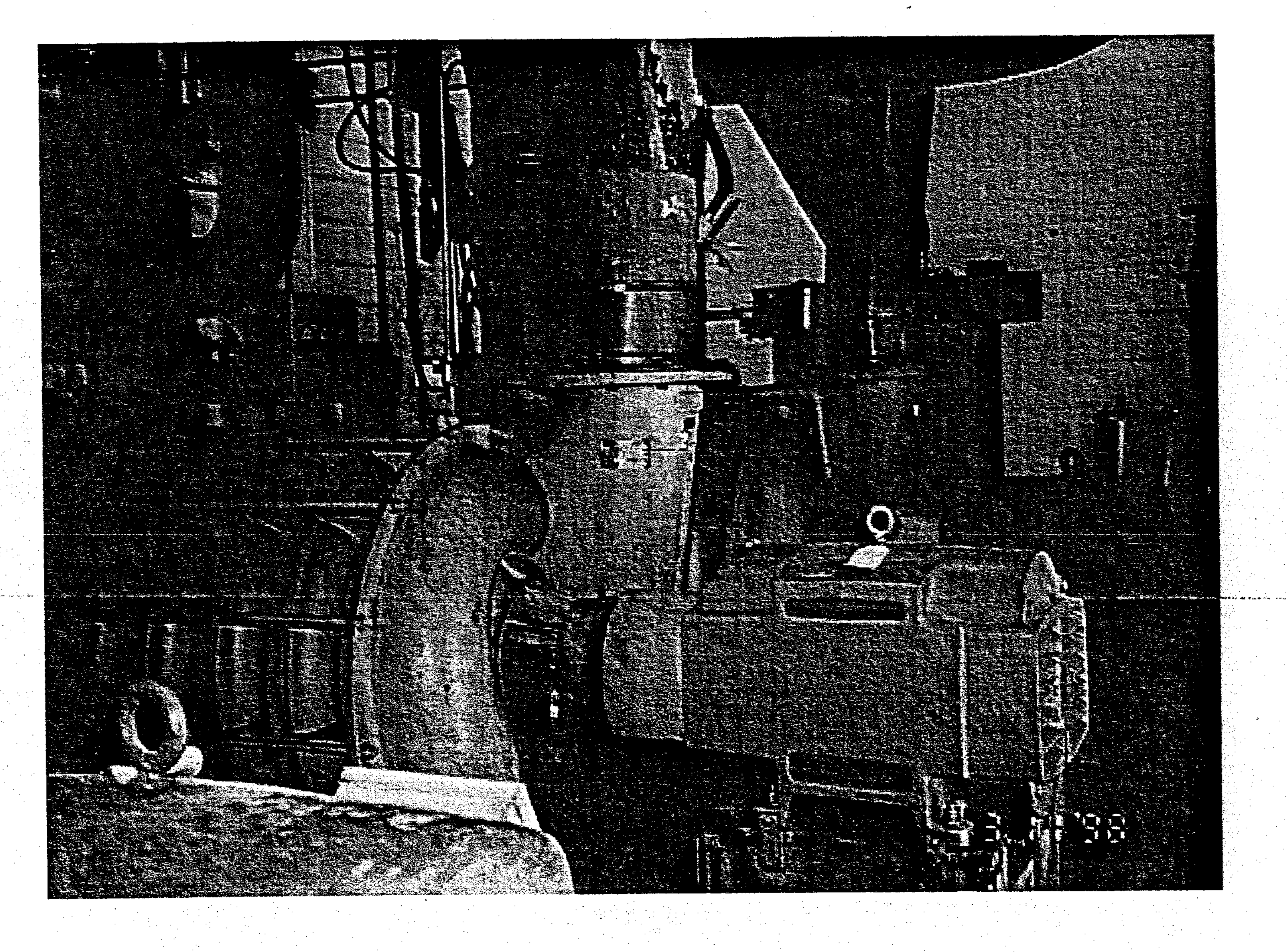
ويـــتم فصـــل الـــنفايات عن الهواء وتنقية الهواء قبل خروجه إلى البيئة المحيطة على ثلاث مراحل متتالية داخل غرف التجميع.



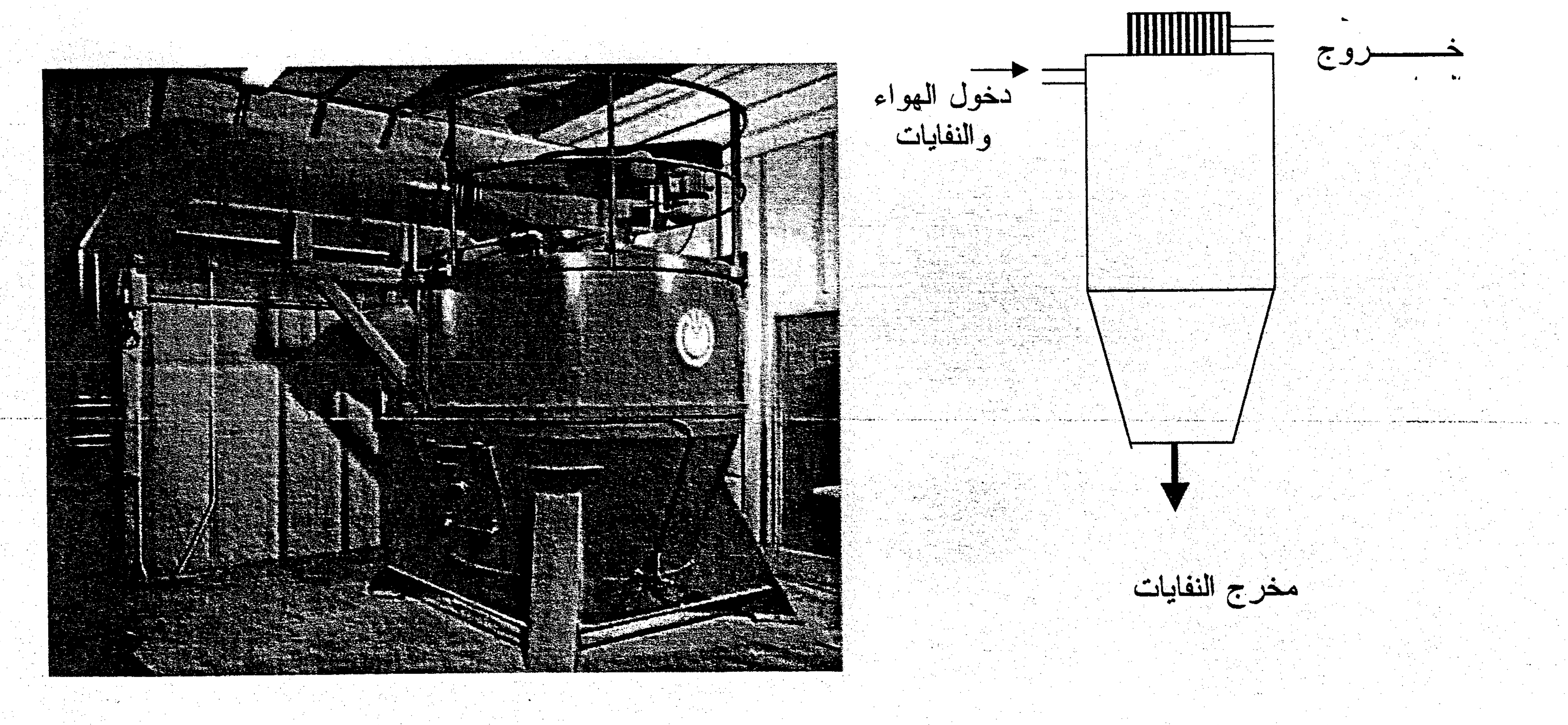
صورة رقم (٤): أنابيب نقل النفايات معلقة في نفق الخدمات بمدينة عالم ديزني-أورلاندو (١٩٩٨م).




الشكل رقم (٢): رسم تخطيطي للنظام الهوائي لنقل المخلفات ويظهر فيه غرفة التجميع.

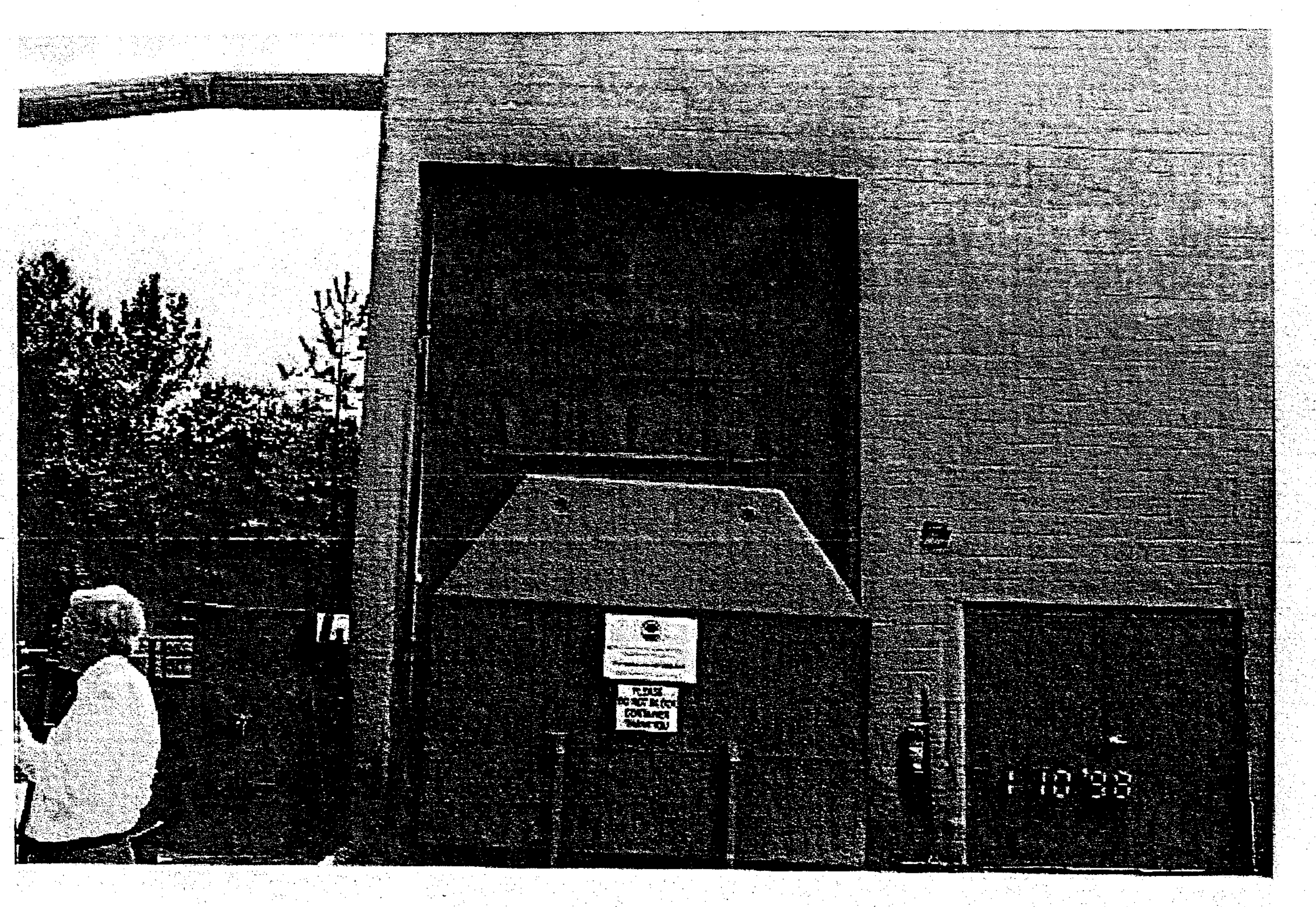


صورة رقم (٥) : مراوح الشفط شفط الهواء متصلة بالمحرك الكهربائي (عالم ديزني- أورلاندو، ١٩٩٨م).

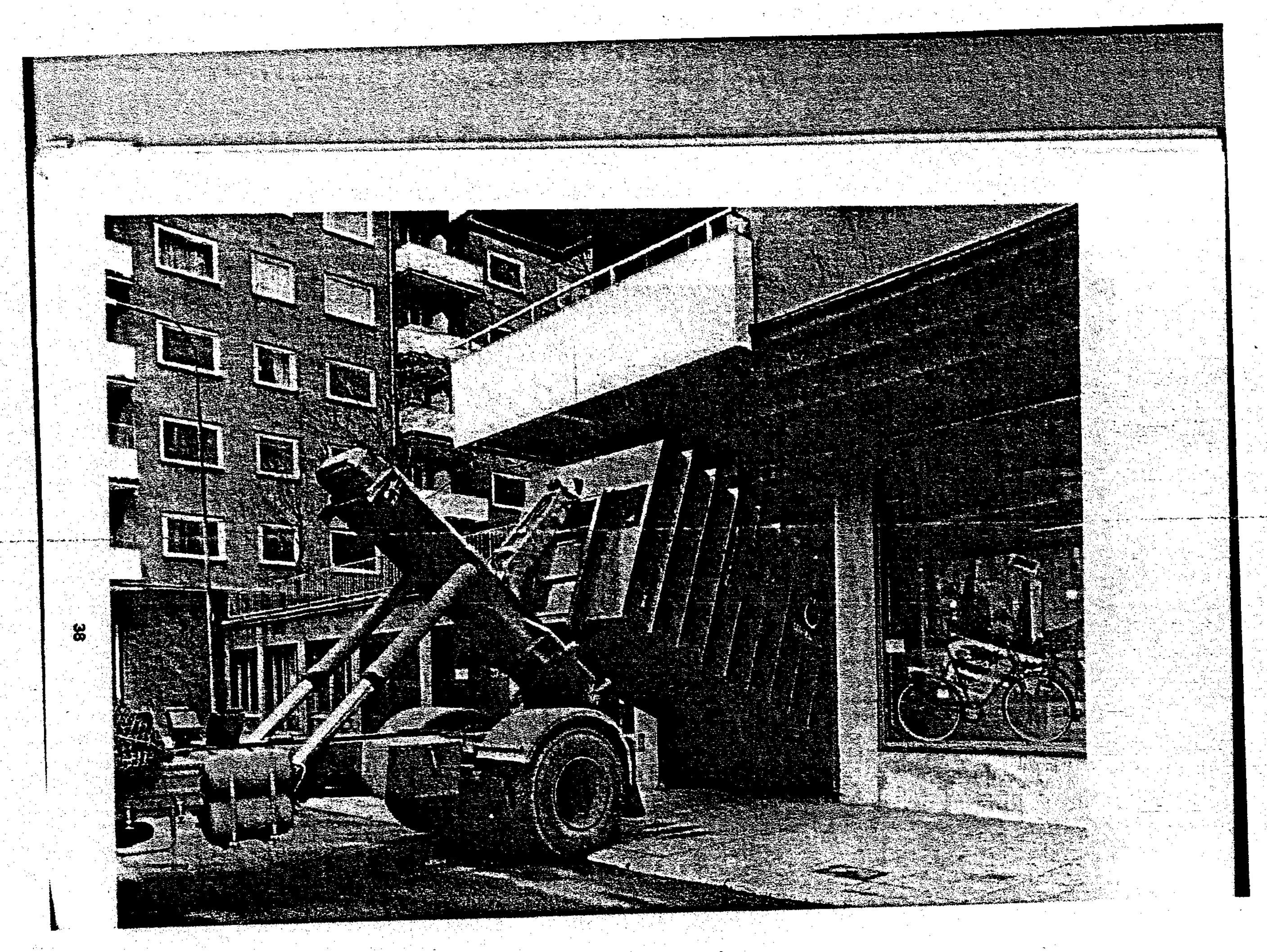



شكل (٣): معدات فصل النفايات وتنقية الهواء.

الصورة رقم (٦) فارز النفايات.



صورة رقم (٧): حاويات جمع النفايات.




صورة رقم (٨): نظام مناولة الحاويات.

## ثانيا: طريقة تشغيل النظام الهوائي

مـــن المفترض أن يعمل النظام الهوائي بشكل تلقائي دون الحاجة إلى تدخل بشري إلا في أضيق الحدود. وبناء على كمية المخلفات الموجودة وحجم شبكة النفايات فإن النظام يعمل عدة مرات في اليوم ولمدة زمنية مجدولة.

## ثالثا: معايير التصميم

عـــند تصميم النظام الهوائي لنقل المخلفات الصلبة هناك بعض المعايير التصميمية التي لا بد أن تؤخذ في الاعتبار، ومن تلك المعايير ما يلي:

١. سرعة الهواء

٢. قطر الأنبوب.

٣. سمك جدار الأنبوب.

٤. مادة الأنبوب وطلائها وتبطينها.

٥. كمية ومواصفات المواد المنقولة.

ويمكن تحديد مواصفات النظام بعد دراسة المخلفات المتولدة في المنطقة ومعرفة كميات ومعدل إنتاجها وخواصها الفيزيائية مثل الكثافة والمحتوى الرطوبي والتوزيع الحجمي ومكوناتها من حصى ومواد بلاستيكية وورقية وزجاجية إلخ.

## النظام الهوائي المقترح لنقل المخلفات الصلبة من منطقة الجمرات بمنى أيام الحج

نظراً لشدة الازدحام بمنطقة جسر الجمرات فإنه يتعذر دخول وخروج عربات جمع ونقل المخلفات إلى المنطقة. لهذا فإن النظام الفعال لابد وأن يستثني استخدام مثل هذه الآليات داخل المنطقة إلا في أضيق الحدود. والنظام الهوائي لنقل المخلفات يعتبر مثالياً إذا ما أمكن تطبيقه وتبنيه حيث تنقل المخلفات شأنها شأن مياه الصرف الصحي في أنابيب معلقة أو مدفونة تحت الأرض ينتهي طرفها الآخر في مكان به سعة لحركة عربات النقل وله منفذ إلى طريق يضمن سرعة تنقل العربات.

والنظام الهوائي المقترح كما هو موضح في الشكل رقم (٤) ينقسم إلى جزأين يقع كل منهما على جانب من جانبي الجسر. فهناك خطان رئيسان تتفرع من كل منهما أنابيب تتصل بفتحات دخول المخلفات. وتنتشر هذه المداخل على طول الجسر وحسب طبيعة المنطقة والحاجة (أنظر الشكل رقم (٤)). كما أن هناك ثلاثة خطوط متفرعة من الخط الرئيس ومتصل كل منها مباشرة بأحد أحواض تجميع حصى الجمرات لنقلها إلى غرف التجميع. وينتهي كل تفريع من الخط الرئيس بفتحتين واحدة منهما تقع تحت الجسر لنقل المخلفات من الدور الأرضي من الجسر والأخرى متصلة بمسقط للنفايات ينتهي بفتحة لدخول المخلفات تقع في الدور العلوي. وكما هو في الشكل فإن أحد طرفي الأنبوب الرئيس ممتد إلى بداية جسر الجمرات وينتهي بصمامات دخول الهواء أما الطرف الآخر فمتصل بغرفة التحكم والتجميع التي تقع على بعد من نهاية الجسر من جهة مكة المكرمة في مكان يتم اختياره وفقاً لطبيعة وظروف المنطقة.

وغرفة التحكم والتجميع تقع فيها آليات تفريغ الهواء (مراوح الشفط)، ومرشحات الهواء واللوحة الرئيسة لنظام التحكم الذاتي. كما أنه متصل بغرفة التحكم والتجميع نظام لتخزين أو تحميل المخلفات على عربات استعداداً لنقلها إلى

أماكن التخلص النهائي. ولأن المعدات الثقيلة المستخدمة في هذه الغرف تصدر ضجيجاً عالياً فلابد من تغليف المعدات وتبطين غرفة التجميع بمواد كاتمة للصوت تفادياً للإزعاج.

وفي النظام المقترح تدفن أنابيب نقل المخلفات على جانبي الجسر في خنادق ويوقع على الخط الرئيس غرف تفتيش لصيانة الخط ونظافته. ويمكن وضع الأنابيب في أنفاق بمقاطع مساحتها تسمح بوضع الأنابيب وحركة عمال الصيانة. كما أنه يمكن تعليق جزء من الخط الرئيس على جدار الجسر مما يقلل من تكلفة الإنشاء والصيانة. وتحديد طريقة ومكان وضع الأنابيب تتم من خلال دراسة طبيعة المنطقة والمساحات المتاحة لوضع الشبكة.

إن النظام الهوائي طريقة واعدة للتغلب على مشكلة نقل المخلفات المتولدة في منطقة الجمرات بيسر وسهولة ودون الحاجة إلى دخول عربات النقل إلى المنطقة. كما أن تبني مثل هذا النظام يساهم في سرعة حركة المخلفات ونقلها ومنع بقائها على أرضية الجسر وتحته لفترة طويلة. ويعكس تبني مثل هذه المشاريع النقلة الحضارية التي تشهدها بلادنا والإمكانات التي تسخرها الدولة لراحة ضيوف الرحمن.

ولعله يبدو ومن النظرة الأولى أن النظام الهوائي لنقل المخلفات نظام معقد وعال التكلفة. إنما هو في الواقع نظام بسيط مبني على نظريات علمية وحقائق ثابتة ومعمول به لفترة طويلة في أماكن كثيرة في العالم. أما تكلفة إنشاء وصيانة مثل هذا النظام فلابد وأن تكون مرتفعة قليلاً لكن إذا ما أخذت في الاعتبار المكاسب المعنوية والبيئية الأخرى فإنه نظام منافس وآمن.

إن المخلفات المتولدة في منطقة الجمرات تختلف جذرياً عن مخلفات عالم ديزني بالولايات المتحدة أو مخلفات الأستاد الأولمبي في ألمانيا. لذلك ولأن مثل هذه المخلفات شئ جديد على نظام النقل الهوائي فإنه لابد من دراسة إمكانية تبني هذا النظام من الناحية الفنية أولاً في نقل المخلفات المعنية. ولعل أقصر وأفضل الطرق لدراسة كفاءة النظام في نقل المخلفات المتولدة في منطقة الجمرات هو

إنشاء واختبار أنموذج مصغر للنظام تستخدم فيه المخلفات الحقيقية للمنطقة. وبناء أنموذج للنظام يساعد في تقدير المعايير الهامة في تصميمه. كما أن دراسة كميات وخواص المخلفات المتولدة في المنطقة عامل آخر يؤثر في تصميم هذا النظام.

الشكل رقم (٣): شبكة النقل الهوائي المقترحة على جانب واحد من الجسر .